

12. Układy zapłonowe

12.1. Bezstykowe sterowanie zapłonu

12.1.1. Zalety

Zadaniem układu zapłonowego jest wytworzenie **iskry zapłonowej o odpowiedniej energii** i we właściwej **chwili zapłonu** w celu zapalenia mieszanki paliwa z powietrzem. Im dokładniej zadanie jest wykonane, tym lepsze są osiągi i sprawność silnika. Oznacza to, że wówczas silnik jest oszczędny i ekonomiczny a emisja szkodliwych składników spalin najmniejsza.

W ostatnich latach cele te są coraz ważniejsze. Stykowo sterowane układy zapłonowe nie potrafiły już dłużej sprostać wymaganiom. Nie można było już uzyskać dalszego wzrostu maksymalnej energii zapłonu, a stało się to niezbędne dla coraz oszczędniej i szybciej pracujących silników o wyższym ciśnieniu sprężania.

Stałe utrzymanie ustawionej chwili zapłonu nie było też możliwe z powodu zużycia się styków. Prowadziło to do wypadania zapłonów, powiązanego z większym zużyciem paliwa, a więc większą emisją szkodliwych składników spalin.

Elektronika umożliwiła bezstykowe sterowanie chwilą zapłonu, które charakteryzuje zachowanie precyzyjnego ustawienia chwili zapłonu.

Na początek osiągnięto to dzięki sterowaniu indukcyjnemu (zapłon tranzystorowo-cewkowy z wyzwaniem indukcyjnym – niemiecki skrót TSZ-i) albo dzięki wyzwaniu impulsów za pomocą czujnika Halla (skrót niemiecki TSZ-h). Powstawanie sygnału i jego wyzwanie opisano w następnych rozdziałach.

Oba rozwiązania są względnie tanie i niezbyt skomplikowane, stosowane są więc nadal w małych silnikach.

Najważniejszymi zaletami bezstykowo sterowanych układów zapłonowych są:

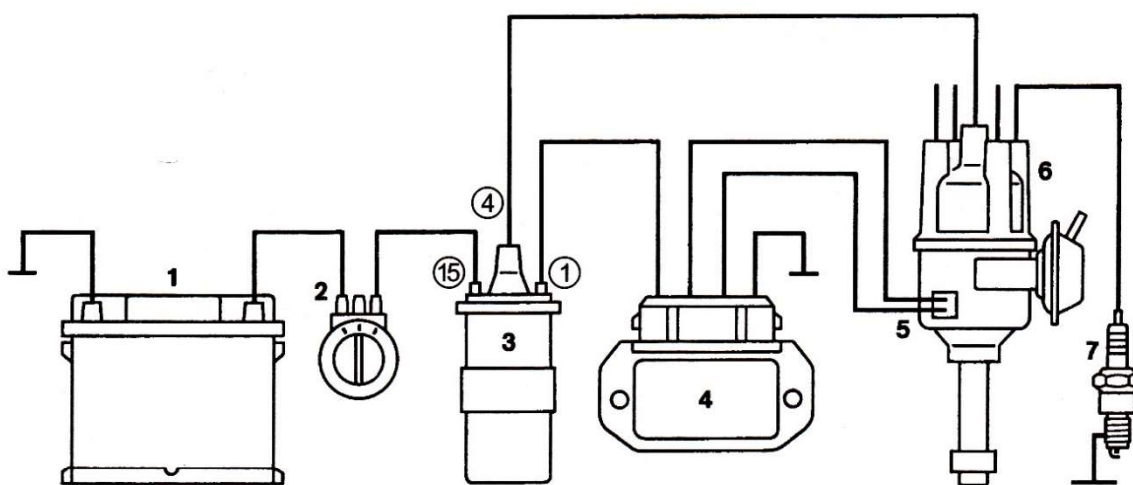
- ☐ bezobsługowość i trwałość,
- ☐ zachowanie ustawionej chwili zapłonu,
- ☐ możliwość działania przy większej prędkości obrotowej,
- ☐ sterowanie kątem zwarcia i ograniczanie prądu pierwotnego (dzięki cewkom zapłonowym o małej rezystancji szybciej powstaje pole magnetyczne i energia zapłonu przy dużej prędkości obrotowej jest większa),

- ❑ większe napięcie zapłonu,
- ❑ eliminacja prądu spoczynkowego.

12.1.2. Budowa i działanie

Działanie układu zapłonowego (rys. 12.1) jest następujące.

Po włączeniu zapłonu za pomocą wyłącznika (2) do zacisku 15 cewki zapłonowej zostaje przyłożone napięcie akumulatora. Przez uzwojenie pierwotne popłyne prąd, kiedy sterownik (4) połączy zacisk 1 cewki z masą. Przerwanie prądu pierwotnego, następujące po sygnale elektronicznym czujnika (5), indukuje w uzwojeniu wtórnym wysokie napięcie zapłonu.



Rys. 12.1

Elementy składowe zapłonu tranzystorowego

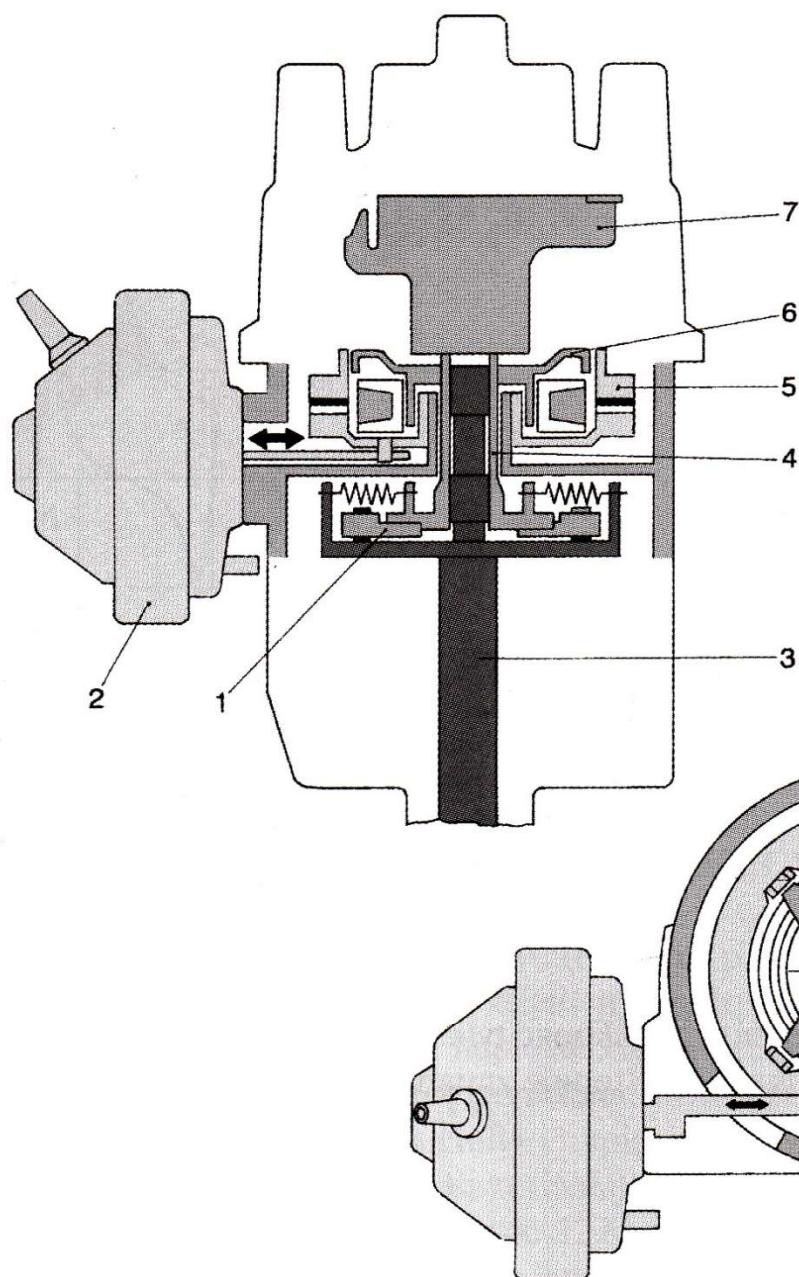
1 – akumulator, 2 – wyłącznik zapłonu (stacyjka), 3 – cewka zapłonowa, 4 – sterownik, 5 – czujnik, 6 – rozdzielacz zapłonu, 7 – świeca zapłonowa

Wysokie napięcie zapłonu jest doprowadzane przez zacisk 4 cewki zapłonowej, za pośrednictwem rozdzielacza zapłonu, do świec zapłonowych w poszczególnych cylindrach.

Za pomocą sygnałów elektrycznych (sygnały czujników) sterownik rozpoznaje prędkość obrotową silnika i odpowiednio steruje kątem zwarcia (czasem zwarcia) i prądem w obwodzie pierwotnym. Przez zacisk 15 sterownik jest zasilany napięciem z akumulatora. Odpowiednio do prędkości obrotowej i napięcia akumulatora jest sterowany kąt zwarcia (czas przepływu prądu) tak, aby krótko przed wyzwoleniem iskry zapłonowej została osiągnięta zadana wartość prądu pierwotnego. Oznacza to, że przy większych prędkościach obrotowych albo przy niższym napięciu akumulatora zwiększa się kąt zwarcia.

Przy włączonym zapłonie i niepracującym silniku (brak sygnałów z czujnika) po krótkim czasie (z reguły jest to sekunda) prąd pierwotny jest odłączany elektronicznie. Po otrzymaniu sygnału z czujnika (np. podczas rozruchu) urządzenie sterujące jest gotowe do pracy.

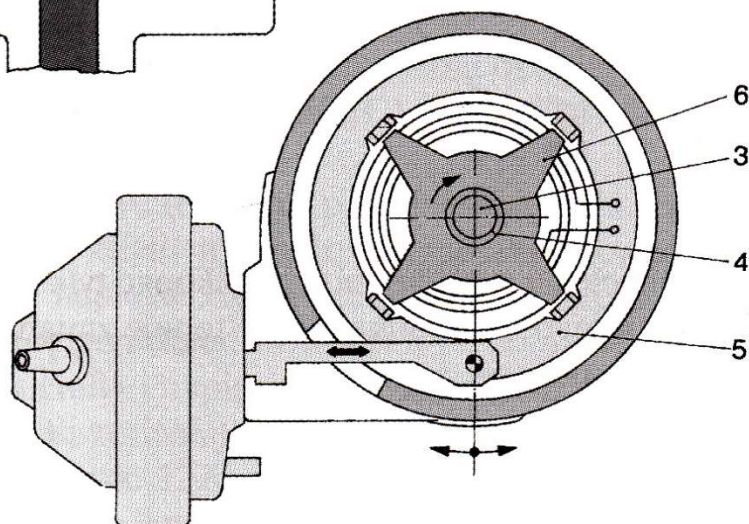
W celu dopasowania chwili zapłonu do różnych warunków obciążenia oraz prędkości obrotowej, podobnie jak w stykowych układach zapłonowych, następuje me-



Rys. 12.2

Schemat współdziałania regulatora podciśnieniowego i odśrodkowego przy sterowaniu zapłonu przez czujnik indukcyjny

1 – regulator odśrodkowy, 2 – regulator podciśnieniowy z siłownikiem podciśnieniowym, 3 – wałek rozdzielacza zapłonu, 4 – wałek drążony, 5 – pierścień biegunowy, 6 – tarcza impulsowa, 7 – palec rozdzielacza
Jasnoszare – elementy regulatora podciśnieniowego,
Ciemnoszare – elementy regulatora odśrodkowego



chaniczne przestawienie zapłonu z wykorzystaniem podciśnienia albo siły odśrodkowej. Sygnał z czujnika (a tym samym chwila zapłonu) zostaje przyspieszony albo opóźniony (bieg jałowy, holowanie – rys. 12.2).

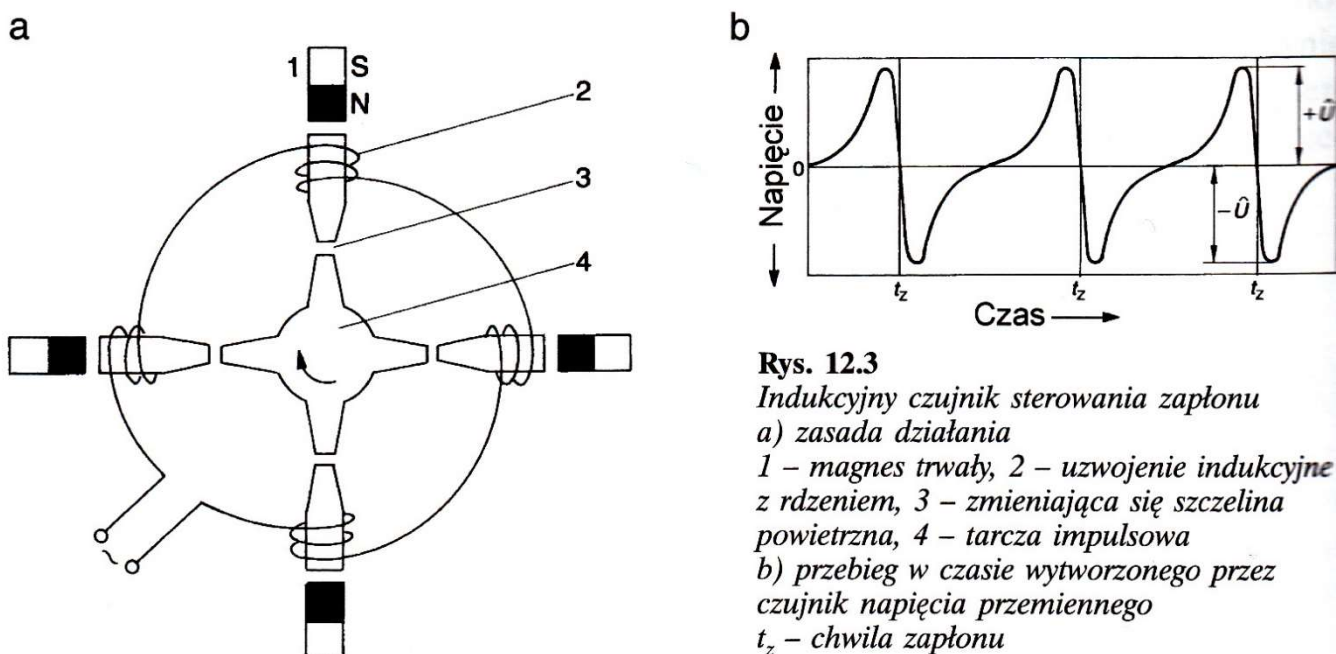
12.1.3. Indukcyjne wyzwalanie sygnału w zapłonie tranzystorowym

Na skutek zmian pola magnetycznego w wyniku obracania się tarczy impulsowej (wirnik) w uzwojeniu indukcyjnym (stojan) jest wytwarzane napięcie przemienne (rys. 12.3b). Napięcie wzrasta w miarę zbliżania się garbów wirnika do biegunów stojana.

Dodatnia półfala napięcia osiąga największą wartość, gdy odstęp między garbami wirnika i biegunami stojana jest najmniejszy. Ze wzrostem tego odstęp pole magnetyczne gwałtownie zmienia swój kierunek i napięcie staje się przeciwne.

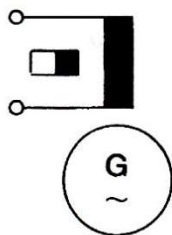
W chwili przerywania przez sterownik prądu pierwotnego (t_z) jest wyzwalany zapłon.

Liczba garbów wirnika i biegunów stojana na ogół odpowiada liczbie cylindrów. Wirnik obraca się o połowę wolniej od wału korbowego. Napięcie maksymalne ($\pm U$) wynosi przy małej prędkości obrotowej ok. 0,5 V, a przy dużej prędkości do ok. 100 V.



Sprawdzenia chwili zapłonu można dokonać tylko podczas pracy silnika, ponieważ bez obracającego się wirnika nie następuje zmiana pola magnetycznego, a tym samym nie może powstać sygnał.

Symbol graficzny

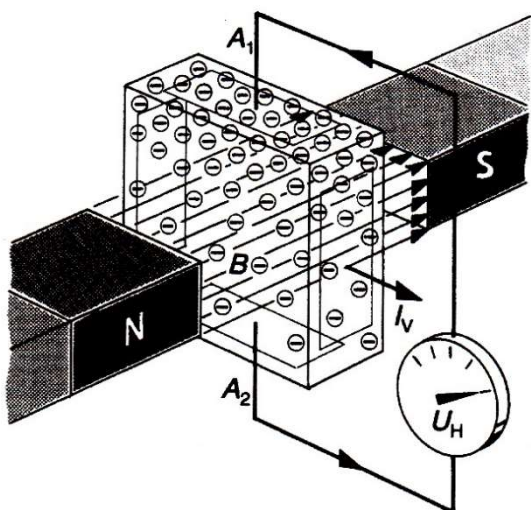


12.1.4. Emitowanie sygnału przez czujnik Halla

Inną możliwością bezstykowego sterowania zapłonu jest czujnik Halla.

Czujnik Halla jest dość często stosowany do wyzwalania zapłonu po zamianie układu zapłonowego ze stykowego na bezstykowy. Czujnik Halla można zamontować zamiast przerywacza zapłonu na tej samej ruchomej płytce nośnej. Dzięki temu można nadal wykorzystywać ten sam rozdzielacz zapłonu.

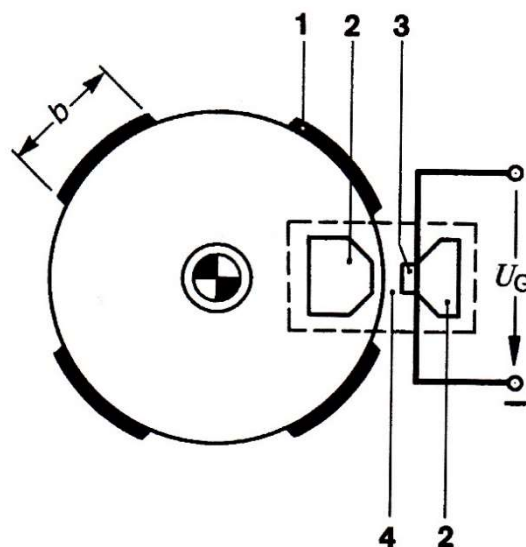
Emitowanie sygnału przez czujnik Halla jest oparte na zjawisku Halla (określenie od nazwiska odkrywcy, rys. 12.4). W przewodzie, przez który płynie prąd elektryczny, strumień elektronów zostaje odchylony przez zewnętrzne pole magnetyczne prostopadle do kierunku przepływu prądu i prostopadle do kierunku pola



Rys. 12.4

Efekt Halla

A_1, A_2 – złącza warstwy Halla, U_H – napięcie Halla, B – pole elektromagnetyczne (gęstość strumienia), I_V – trwały prąd zasilania



Rys. 12.5

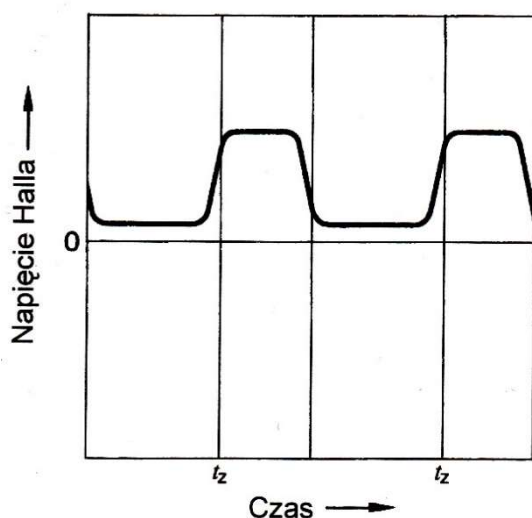
Zasada działania czujnika Halla

1 – przesłona o szerokości b , 2 – miękkie magnesy prowadzące, 3 – czujnik Halla, 4 – szczelina powietrzna

magnetycznego. W specjalnych półprzewodnikach można osiągnąć szczególnie silny efekt Halla. Układ scalony (*integrated circuit, IC*) w czujniku Halla dodatkowo wzmacnia sygnał (rys. 12.5).

Wirująca przesłona ze szczelinami (oknami) przecina linie pola magnetycznego oddziałującego na czujnik Halla. Kiedy pomiędzy magnesami prowadzącymi znajdzie się okno, wtedy powstaje napięcie Halla. Jeżeli w szczelinie powietrznej pomiędzy magnesami znajdzie się przesłona, wówczas linie pola magnetycznego nie mogą oddziaływać na czujnik Halla i napięcie jest bliskie zeru. Chociaż pozostaje niewielkie pole rozproszenia, to zmieniające się napięcie Halla jest precyzyjnym sygnałem sterującym zapłonem (rys. 12.6).

Liczba okien zwykle odpowiada liczbie cylindrów. Przesłona jest osadzona na wałku rozdzielacza zapłonu i obraca się z prędkością o połowę mniejszą od wału korbowego. W celu przestawienia kąta wyprzedzenia zapłonu płytka, na której jest zamocowany czujnik Halla, jest przestawiana mechanicznie, zgodnie z poznanymi wcześniej zasadami. Wyzwolenie zapłonu następuje w chwili włączenia czujnika



Rys. 12.6

Przebieg napięcia Halla

Halla (t_z), to znaczy kiedy przez okno w przesłonie linie pola magnetycznego przejdą przez czujnik Halla. Regulacja zapłonu może zostać przeprowadzona także przy niepracującym silniku (zgodnie z instrukcją producenta).

12.1.5. Wykrywanie usterek zapłonu sterowanego bezstykowo

Podczas poszukiwania usterki zapłonu sterowanego bezstykowo należy przestrzegać następującej zasady.

 *Współczesne układy zapłonowe mają dużą moc, dlatego stwarzają zagrożenie życia po dotknięciu elementów znajdujących się pod napięciem i to zarówno w obwodzie pierwotnym, jak i wtórnym. Przed rozpoczęciem wszelkich czynności przy układzie zapłonowym należy bezwzględnie wyłączyć zapłon albo odłączyć zasilanie!*

Zanim rozpoczniemy wykrywanie usterek przypomnijmy sobie podstawowe zadanie układu zapłonowego: wytwarzanie iskry zapłonowej o właściwej energii we właściwej chwili.

Na początku powinniśmy więc ustalić, czy w ogóle jest iskra. Najszybsza próba polega na podłączeniu do odłączonego przewodu wysokiego napięcia dodatkowej nowej świecy (stykającej się z masą) i uruchomieniu na krótko silnika. Przeskakująca między elektrodami tej świecy iskra będzie widoczna.

Jeżeli nie ma iskry, oglądamy starannie wszystkie elementy układu zapłonowego, czy nie mają uszkodzeń zewnętrznych (pęknięcia, obtarcia) oraz sprawdzamy, czy zaciski i połączenia nie są obluzowane, skorodowane lub zawilgocone.

Jeżeli nie zauważymy żadnych widocznych usterek, to rozpoczynamy sprawdzanie układu zapłonowego od końca, to jest od świecy zapłonowej, poprzez przewody wysokiego napięcia, ich połączenia ze świecami i rozdzielaczem zapłonu, przewody od rozdzielacza do cewki zapłonowej i od cewki do urządzenia sterującego. Sprawdzamy wszystkie wejścia urządzenia sterującego.

Dokładnie w takiej kolejności opisano na rysunku 12.7 wszystkie czynności sprawdzające i możliwości odpowiednich pomiarów.

Jest bardzo ważne, czy nie ma iskry tylko na jednej świecy zapłonowej, czy na wszystkich. Kiedy nie ma iskry tylko na jednej świecy, wtedy usterka występuje tylko między tą świecą i rozdzielaczem zapłonu. Sprawdzamy przewód między rozdzielaczem i świecą, mierząc jego rezystancję. Rezystancje zacisków na świecy i rozdzielaczu się sumują. Nie można sprawdzać w ten sposób specjalnych przewodów o równomiernie rozłożonej rezystancji. Konieczne są wówczas szczypce indukcyjne, którymi obejmuje się przewód i sprawdza, czy przenosi on napięcie zapłonu. Ponadto należy próbnie wymienić przewód na nowy.

Po ustaleniu, że przewód wysokiego napięcia jest sprawny sprawdzamy rozdzielacz zapłonu i kopułkę. Oglądamy, czy nie są wypalone złącza albo nie jest uszkodzona kopułka.

Gdy nie ma iskry na wszystkich świecach, wówczas jest bardzo prawdopodobne, że nie ma wyzwalań energii zapłonu i usterki należy szukać w rozdzielaczu zapłonu oraz wejściach urządzenia sterującego. Rozpoczynamy od rozdzielacza, postępując

podobnie jak wyżej opisano (oględziny, pomiar rezystancji). Takie same czynności wykonujemy, sprawdzając przewód wysokiego napięcia między rozdzielaczem i cewką.

Następnie mierzymy rezystancję cewki zapłonowej. Pomiaru obwodu pierwotnego dokonujemy pomiędzy zaciskami 1 i 15. Obwód wtórny jest mierzony między zaciskami 4 i 1. Wyniki obu pomiarów powinny pokrywać się z wartościami podanymi przez producenta. Może się zdarzyć, że przerwy w obwodzie pierwotnym albo wtórnym występują dopiero w wysokich temperaturach. Wypadanie zapłonu jest wówczas obserwowane tylko przy dużej prędkości obrotowej, a więc przy wysokiej temperaturze silnika.

 *Podczas pomiaru rezystancji cewki zapłonowej należy odłączyć od niej wszystkie przewody.*

Ponadto należy sprawdzić zasilanie cewki prądem na zacisku 15. Zmierzona wartość powinna być bliska napięciu akumulatora (pomniejszona o stratę napięcia na rezystorze wstępnym). Na zacisku 1 może być także skontrolowany kąt zwarcia i współczynnik trwania impulsu. Podczas regulacji kąta zwarcia przez urządzenie sterujące na biegu jałowym jego wartość wynosi 5% do 15%. Ze wzrostem prędkości obrotowej kąt zwarcia się zwiększa. W starszych konstrukcjach samochodów o zapłonie bezstykowym nie ma regulacji kąta zwarcia; pozostaje on cały czas bez zmian.

Jeżeli cewka jest sprawna, ale na zacisku 15 nie stwierdzimy napięcia, to należy sprawdzić przewód biegnący od cewki do stacyjki.

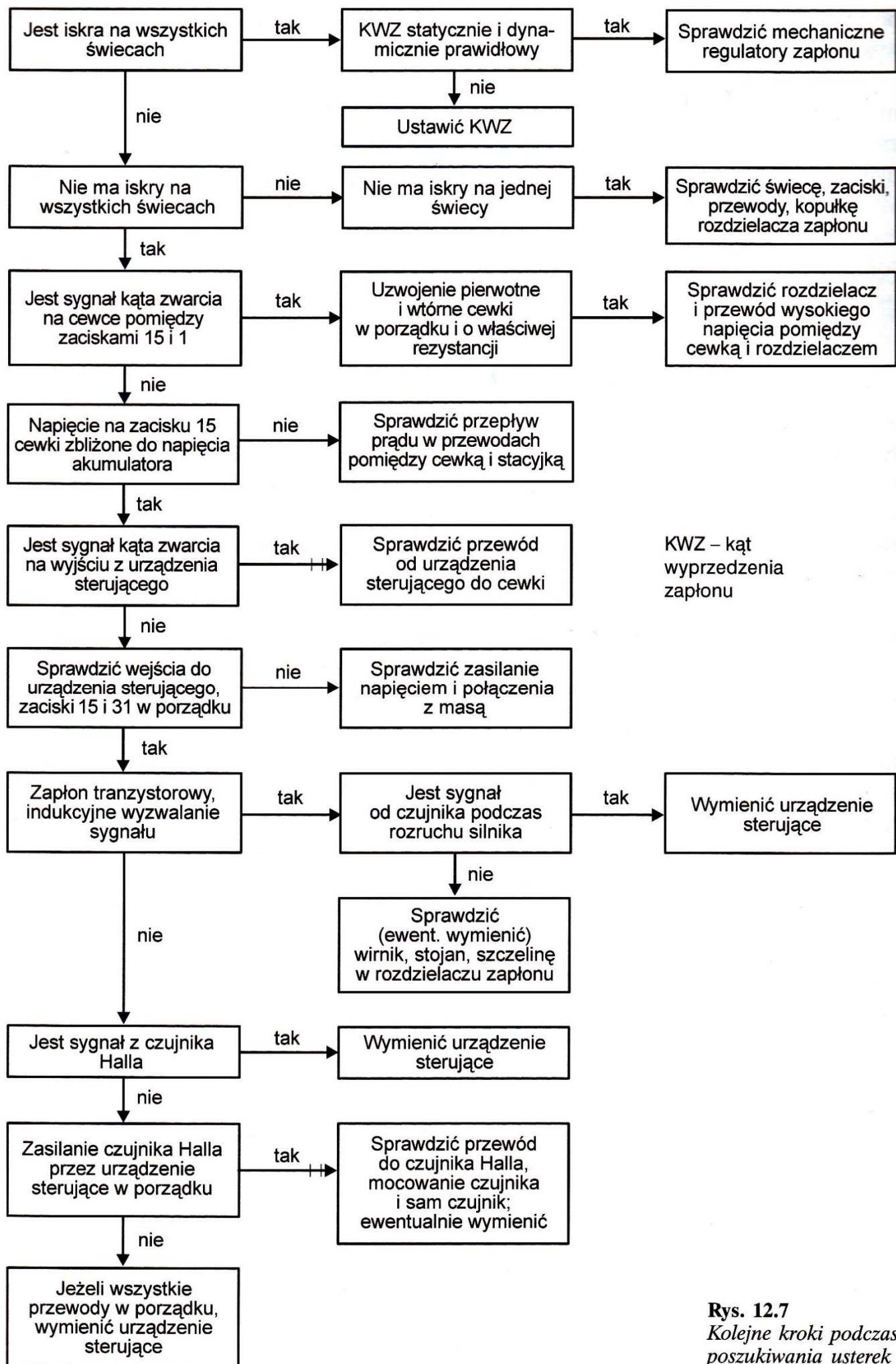
Jeżeli na zacisku 15 jest napięcie, ale nie ma regulacji kąta zwarcia i nie można zmierzyć współczynnika trwania impulsu, to należy sprawdzić, czy urządzenie sterujące wysyła odpowiedni sygnał. Jeżeli brak jest sygnału, trzeba koniecznie sprawdzić wszystkie wejścia urządzenia sterującego. Najpierw upewniamy się, czy urządzenie sterujące jest w ogóle zasilane prądem; na zacisku 15 powinien być sygnał wejściowy. Zacisk 31 natomiast musi mieć dobre połączenie z masą. Jeśli zasilanie i masa są sprawne, sprawdzamy wejście wyzwalające zapłon. Sposób postępowania zależy od rodzaju układu (sterowanie indukcyjne lub czujnik Halla).

Przy sterowaniu indukcyjnym na zacisku 7 za pomocą oscyloskopu można sprawdzić sygnał wyzwalający zapłon. Nie mając oscyloskopu możemy zmierzyć napięcie przemienne. Wartość napięcia waha się pomiędzy 0,5 V i 100 V, zależnie od prędkości obrotowej silnika.

Przy sterowaniu czujnikiem Halla sprawdzamy na odpowiednim zacisku sygnał z czujnika, mierząc współczynnik trwania impulsu. W zależności od producenta, w chwili rozruchu silnika współczynnik ten powinien wynosić 10% do 30%. W przypadku braku sygnału z czujnika Halla należy sprawdzić, czy jest on zasilany prądem. Koniecznie należy również sprawdzić, czy wszystkie przewody łączące przewodzą prąd.

 *Czujnik Halla może zostać zniszczony podczas pomiaru rezystancji!*

Po upewnieniu się, że wszystkie elementy układu zapłonowego są elektrycznie sprawne, przystępujemy do drugiej części zadania. Sprawdzamy, czy iskra elektryczna pojawia się w odpowiedniej chwili.



Można to sprawdzić zarówno statycznie (przy nieruchomym silniku), jak i dynamicznie (przy średniej prędkości obrotowej silnika). Należy także sprawdzić zużycie i poprawne działanie wszystkich elementów mechanicznych układu regulacji.

Sprawdzenia odśrodkowego regulatora wyprzedzenia zapłonu dokonujemy po odłączeniu podciśnieniowego regulatora wyprzedzenia zapłonu za pomocą lampy stroboskopowej, stopniowo zwiększając prędkość obrotową silnika. Kąt wyprzedzenia zapłonu (KWZ) powinien zwiększyć się o ustaloną przez producenta wartość, w wyznaczonym przez niego zakresie obrotów.

Podciśnieniowy regulator wyprzedzenia zapłonu można dość prosto sprawdzić na pracującym silniku za pomocą lampy stroboskopowej, zdejmując i zakładając końcówkę przewodu podciśnienia. Obserwujemy przy tym, w jakim zakresie zmienia się kąt wyprzedzenia zapłonu. Zmniejszenie kąta wyprzedzenia zapłonu powinno nastąpić przy prędkości obrotowej biegu jałowego, przyspieszenie zaś zapłonu przy 2000–3000 obr/min. Dokładne wartości podano w instrukcjach poszczególnych producentów.

Przyczyną nieprawidłowego działania odśrodkowego regulatora wyprzedzenia zapłonu mogą być: wyrobiony wałek rozdzielacza zapłonu, skorodowane ciężarki albo uszkodzone sprężyny. Zależne od obciążenia mechaniczno-pneumatyczne regulatory kąta wyprzedzenia zapłonu mogą nieprawidłowo działać nie tylko z powodu uszkodzenia siłownika podciśnienia (np. nieszczelność, zeszywnienie przepony), uszkodzeń mechanicznych lub nieszczelnych przewodów podciśnienia, lecz także z powodu źle ustawionej przepustnicy (w wyniku innych czynników).

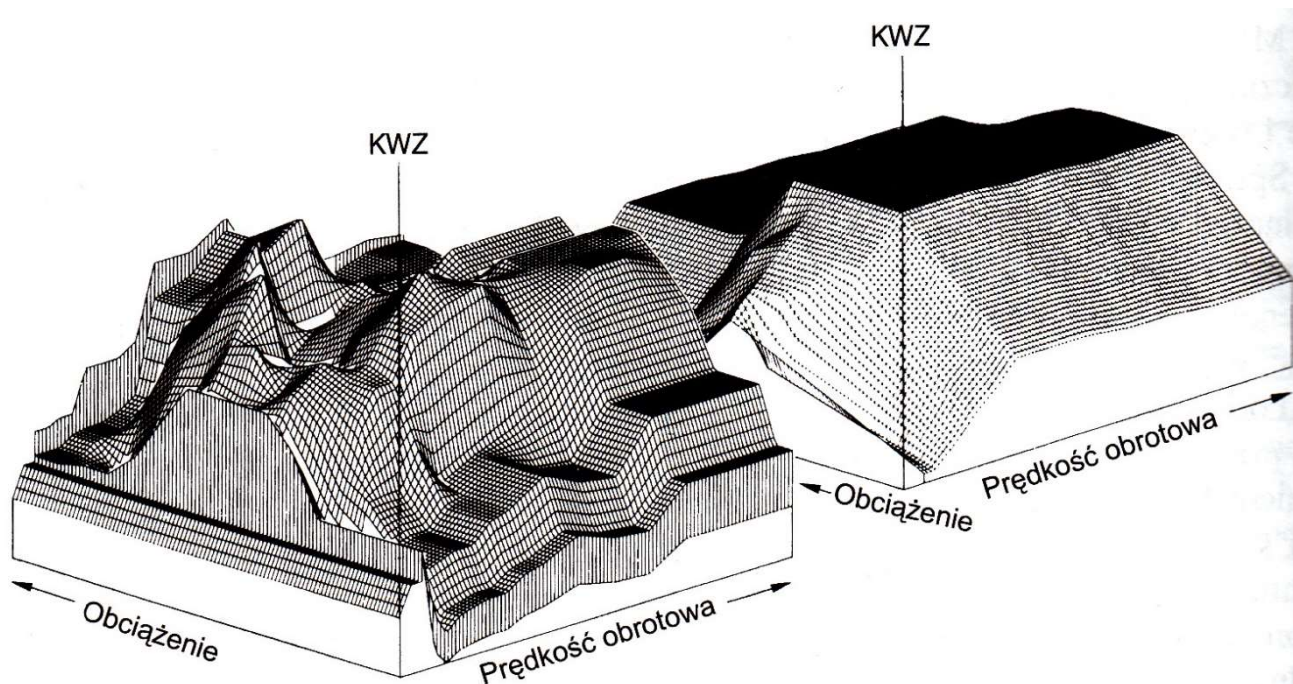
12.2. Zapłon elektroniczny

W bezstykowym zapłonie tranzystorowym ustawienie chwili zapłonu może być zachowane prawie przez cały okres trwałości układu. Z powodu mechanicznego sposobu ustawiania występuje jednak względnie wąski zakres regulacji, według prostoliniowej charakterystyki. W pewnych warunkach pracy silnika różnice w stosunku do optymalnej chwili zapłonu mogą być względnie duże. W niektórych punktach pola pracy silnika może dochodzić do spalania stukowego.

Rozwiązaniem jest zapłon elektroniczny, który w każdych warunkach gwarantuje optymalną chwilę zapłonu, niezwiązaną z sąsiednimi punktami pola pracy silnika.

Tak zwana mapa zapłonu (rys. 12.8) powstała w wyniku prac badawczo-rozwojowych silników. Jest ona zapisana w pamięci urządzenia sterującego. Im dokładniej warunki pracy silnika zostaną ustalone przez czujniki, tym lepiej będzie określona, optymalna w danych warunkach chwila zapłonu. Zapłon elektroniczny jest często zintegrowany z innymi układami, np. z układem wtryskowym, w jednym urządzeniu sterującym (np. układ Motronic). Bardzo często układ jest wyposażony w pamięć diagnostyczną i wartości zastępcze na wypadek wykrycia nieprawidłowych sygnałów wejściowych.

Regulacja czasu zwarcia, ograniczenia prądu pierwotnego i wyłączania prądu spoczynkowego należą do zadań urządzenia sterującego.



Rys. 12.8

Optymalna charakterystyka KWZ (elektroniczna mapa zapłonu) – po lewej, w porównaniu z charakterystyką zapłonu regulowanego mechanicznie – po prawej

12.2.1. Schemat funkcjonalny z wejściami i wyjściami urządzenia sterującego

W celu ustalenia warunków pracy silnika procesor urządzenia sterującego potrzebuje wielu informacji wejściowych (tablica 12.1).

Tablica 12.1. Schemat funkcjonalny zapłonu elektronicznego

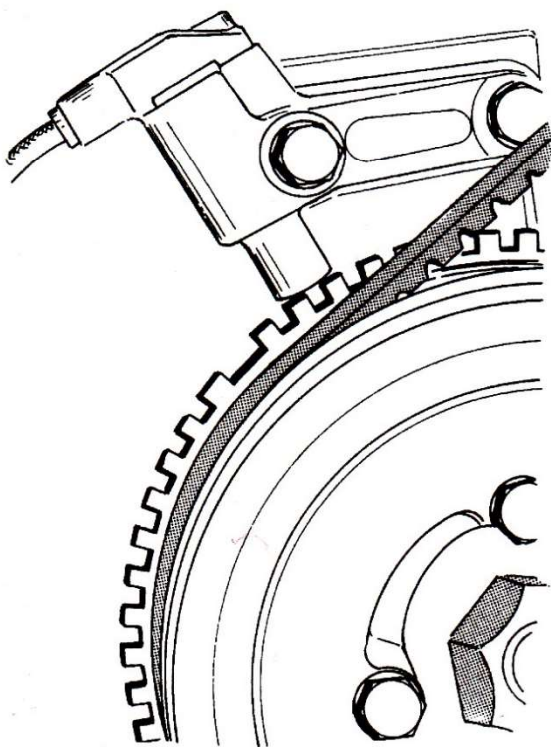
Niezbędne sygnały wejściowe	Przetwarzanie			Sygnały wyjściowe
Prędkość obrotowa i położenie wału korbowego	→	URZĄDZENIE STERUJĄCE	→	Sygnał td (do obrotomierza, zintegrowanego wskaźnika, układu wtryskowego)
Obciążenie	→			
Temperatura silnika	→			
Zapłon, zacisk 15	→		→	Sygnał pierwotny dla cewki zapłonowej
Masa, zacisk 31	→			
Dalsze możliwe sygnały wejściowe				
Temperatura powietrza dolotowego	→			
Sterownik przepustnicy	→			
Złącze kodowe	→			
Czujnik(i) spalania stukowego	→			
Napięcie akumulatora, zacisk 30	→			
Sygnał włączenia automatycznej skrzynki przekładniowej	→			

12.2.2. Najważniejsze sygnały wejściowe do obliczania KWZ

Prędkość obrotowa i punkt odniesienia (położenie wału korbowego) są najważniejszymi informacjami dla urządzenia sterującego. Pomiar jest dokonywany czujnikiem indukcyjnym (TSZ-i) albo czujnikiem Halla (TSZ-h) – patrz podrozdział 12.1.1.

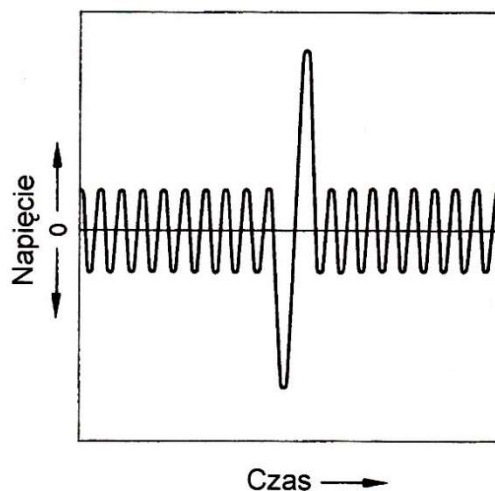
Odpowiedni czujnik może być umieszczony w rozdzielaczu zapłonu. Istnieje także możliwość pomiaru prędkości obrotowej i położenia wału korbowego za pomocą czujnika indukcyjnego o płaskim rdzeniu, który mierzy prędkość obrotową posługując się zębami koła zamachowego w miejsce tarczy impulsowej. Dodatkowy czujnik ustala wówczas położenie wału korbowego, również wykorzystując koło zamachowe.

Innym rozwiązaniem jest tarcza zębata z poszerzonym wrębem (brak jednego zęba) umieszczona na tłumiku drgań lub kole pasowym wału korbowego. Czujnik indukcyjny z płaskim rdzeniem (rys. 12.9) mierzy zarówno prędkość obrotową, jak i punkt odniesienia (szerszy wręb uzębienia). Jego sygnały są przetwarzane w urządzeniu sterującym. Sygnały można sprawdzać za pomocą oscyloskopu (rys. 12.10). Brak sygnałów wejściowych uniemożliwia obliczenie kąta wyprzedzenia zapłonu KWZ, a tym samym ustalenie chwili zapłonu. Do obliczeń nie można wykorzystać żadnych zaprogramowanych w urządzeniu sterującym wartości zastępczych.



Rys. 12.9

Koło zębate (na wale korbowym) z czujnikiem indukcyjnym

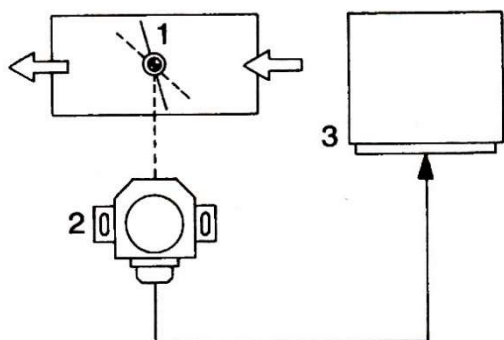


Rys. 12.10

Przebieg napięcia indukcyjnego

Obciążenie jest dla urządzenia sterującego drugim podstawowym kryterium do obliczenia KWZ. Za pomocą przewodu ciśnienie w przewodzie dolotowym (podciśnienie) oddziałuje na czujnik ciśnienia w urządzeniu sterującym. Na tej podstawie jest obliczane obciążenie silnika. W celu zapewnienia bezbłędnych obliczeń przewód pomiarowy podciśnienia musi być szczelny, nie może być zniekształcony ani uszkodzony w żaden inny sposób.

W samochodach wyposażonych w elektroniczny układ wtryskowy urządzenie sterujące układu zapłonowego otrzymuje informację o obciążeniu silnika z układu



Rys. 12.11

Czujnik położenia przepustnicy

1 – przepustnica,

2 – czujnik położenia przepustnicy,

3 – urządzenie sterujące

wtryskowego w postaci sygnału o prostokątnej charakterystyce. Poprawność sygnału jest sprawdzana współczynnikiem trwania impulsu.

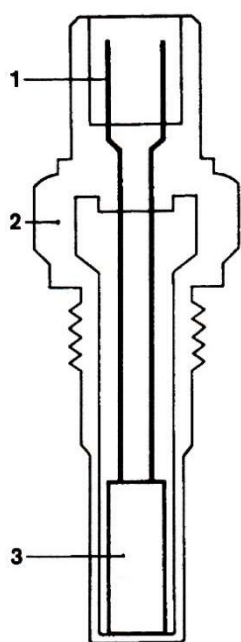
Informacje o obciążeniu silnika mogą być również otrzymywane za pośrednictwem potencjometrycznego czujnika położenia przepustnicy (rys. 12.11). Zmieniającą się wartość rezystancji urządzenie sterujące rozpoznaje w postaci odpowiedniego spadku napięcia na potencjometrze.

Brak informacji w urządzeniu sterującym o obciążeniu silnika umożliwia jedynie pracę w trybie awaryjnym; w celu ochrony silnika jest ustawiany wówczas najpóźniejszy zapłon.

Temperatura silnika jest mierzona czujnikiem NTC, umieszczonym w cieczy chłodzącej silnik (rys. 12.12). Temperatura jest parametrem korekcyjnym do obliczeń KWZ przez urządzenie sterujące.

Czujnik NTC sprawdza się, mierząc jego rezystancję. Należy przy tym upewnić się, czy w obudowie czujnika znajduje się jeden czy dwa rezystory NTC (rys. 12.13).

W razie braku informacji o temperaturze silnika do obliczeń jest przyjmowana wartość zastępcza (temperatura pracy ok. 80–110°C) i wybierany mniejszy KWZ. Dzięki temu silnik jest chroniony, lecz zmniejszają się jego osiągi.

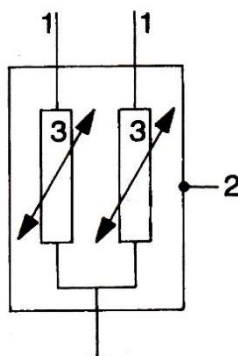


Rys. 12.12

Czujnik temperatury

1 – złącze elektryczne,

2 – obudowa, 3 – rezystor NTC



Rys. 12.13

Czujnik temperatury z dwoma rezystorami NTC

1 – złącze elektryczne, 2 – obudowa,

3 – rezystory NTC

Po **włączeniu zapłonu** (stacyjki) urządzenie sterujące jest zasilane prądem i gotowe do pracy.

W zależności od wartości napięcia urządzenie sterujące koryguje czas zwarcia (kąt zwarcia), aby zapewnić dostatecznie silne pole magnetyczne w uzwojeniu pierwotnym, nawet przy najmniej korzystnych wartościach napięcia. Jednak bez odpowiedniego zasilania elektrycznego urządzenie sterujące nie będzie pracować. Musi być także zapewnione dobre połączenie z masą (nadwoziem).

12.2.3. Dodatkowe sygnały wejściowe

Wymienione wyżej sygnały są niezbędnymi sygnałami wejściowymi elektronicznego zapłonu. Opisane dalej dodatkowe informacje (jedna lub więcej) mogą być zbierane w celu dalszej optymalizacji obliczeń KWZ.

Napięcie akumulatora (zacisk 30) nie powinno być odłączane, jeżeli urządzenie sterujące jest wyposażone w pamięć diagnostyczną.

 *W razie braku napięcia akumulatora (np. po wyciągnięciu wtyku) urządzenie sterujące traci zapisane w pamięci kody usterek. Dlatego poszukiwanie usterek należy zawsze zaczynać od odczytania zawartości pamięci kodów usterek urządzenia sterującego.*

Temperatura powietrza dolotowego jest wykorzystywana przez urządzenie sterujące do jeszcze dokładniejszej regulacji KWZ. Sygnał pochodzi od czujnika NTC (wyjątkowo PTC) zamontowanego w układzie zasilania. Wartość zastępcza temperatury wynosi 20 do 40°C. Sprawdzanie rezystora NTC polega na pomiarze jego rezystancji. Wartości są takie same, jak dla czujnika NTC do pomiaru temperatury cieczy chłodzącej (przy 20°C zwykle rezystancja wynosi $2,5\text{ k}\Omega \pm 10\%$).

Za pomocą **czujnika położenia przepustnicy** (rys. 12.14) są wybierane w urządzeniu sterującym charakterystyki prędkości obrotowej biegu jałowego i pełnego obciążenia, kiedy zamknięty jest zestyk obrotów biegu jałowego albo zestyk obrotów pełnego obciążenia. Jeżeli w układzie występuje czujnik położenia przepustnicy (w celu zbierania informacji o obciążeniu silnika), to stycznik przepustnicy nie jest potrzebny.

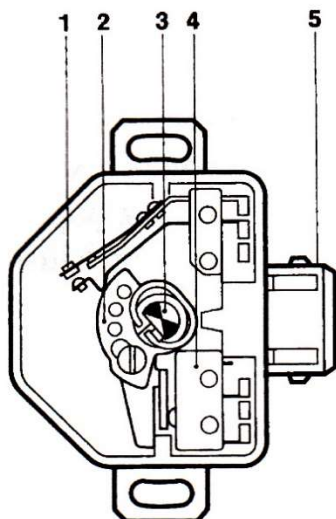
Prawidłowość działania poszczególnych zestyków stycznika sprawdza się, mierząc rezystancję i poruszając przepustnicą.

Zestyk biegu jałowego powinien zadziałać tuż przed całkowitym zamknięciem przepustnicy. Jeżeli tak nie jest, należy odpowiednio wyregulować jego położenie, wykorzystując wydłużone otwory w obudowie stycznika.

Błędne sygnały (lub ich brak) ze stycznika przepustnicy są przyczyną znacznej nierównomierności prędkości obrotowej biegu jałowego.

Przez **złącze kodowania** liczby oktanowej paliwa (rys. 12.15) w urządzeniu sterującym można wybierać różne mapy zapłonu, czyli charakterystyki KWZ, odpowiednio do liczby oktanowej stosowanego paliwa.

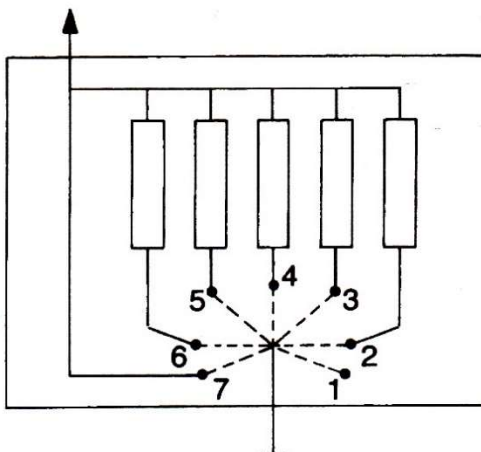
Sprawdzanie złącza polega na pomiarze rezystancji w różnych konfiguracjach połączeń i porównywanie wyników z wartościami podanymi przez producenta. Przy nieprawidłowym wyborze albo braku sygnału ze złącza kodowania liczby oktanowej



Rys. 12.14

*Czujnik przełożenia przepustnicy
1 – zestyk pełnego obciążenia,
2 – krzywka sterująca, 3 – wałek
przepustnicy, 4 – zestyk biegu
jałowego, 5 – złącze elektryczne*

Do urządzenia sterującego



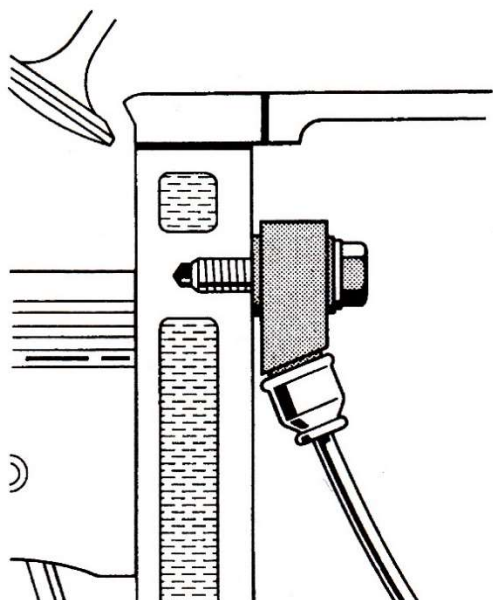
Rys. 12.15

Złącze kodowania liczby oktanowej

urządzenie sterujące może wykorzystywać niewłaściwą mapę kąta wyprzedzenia zapłonu. Wynikiem tego będzie zmniejszenie mocy silnika (przy zbyt późnym KWZ) albo nawet jego uszkodzenie (przy zbyt wczesnym zapłonem).

Lepszym rozwiązaniem przystosowania do różnej liczby oktanowej spalnego paliwa jest zastosowanie **czujnika spalania stukowego**. Umieszczony w kadłubie silnika czujnik rejestruje najmniejsze nawet objawy spalania detonacyjnego i wysyła sygnał do urządzenia sterującego. Na jego podstawie jest regulowany odpowiednio KWZ (w tym przypadku zmniejszany, np. o 3° w każdym kroku regulacji). Jeżeli urządzenie sterujące przestanie otrzymywać sygnały o spalaniu detonacyjnym, następuje stopniowy powrót do pierwotnego ustawienia KWZ (także stopniowo, np. po $0,5^\circ$).

Zmiana KWZ może dotyczyć wszystkich cylindrów albo tylko jednego (selektywnie). Montuje się jeden czujnik albo kilka (rys. 12.16). Dzięki regulacji spala-



Rys. 12.16

Czujnik spalania stukowego jako szerokopasmowy rejestrator przyspieszenia o częstotliwości własnej ponad 25 kHz

nia stukowego można poruszać się po całej mapie zapłonu, aż do granicy spalania stukowego, bez potrzeby pozostawiania marginesu bezpieczeństwa. Zwiększa to efektywność wykorzystania paliwa i zabezpiecza przed szkodliwym wpływem spalania stukowego na silnik, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach eksploatacji.

Sygnał piezoceramicznego czujnika spalania stukowego ma bardzo wysoką częstotliwość i dlatego przewody łączące muszą być ekranowane. Każdy czujnik spalania stukowego jest w sposób ciągły nadzorowany przez urządzenie sterujące. Brak sygnału albo nieprawidłowy sygnał tego czujnika jest rejestrowany w pamięci diagnostycznej i jednocześnie następuje opóźnienie KWZ.

 *Nie jest możliwe wiarygodne sprawdzenie czujnika spalania stukowego na drodze różnych pomiarów. Można jedynie sprawdzić styki we wtyku. Jeżeli jest zamontowanych kilka czujników, nie można zamieniać wtyków miejscami.*

Warto zwrócić uwagę na jeszcze jeden czynnik wpływający na wybór KWZ. **Sygnał włączenia** elektronicznie regulowanej, automatycznej skrzynki przekładniowej (automatycznej skrzyni biegów) jest dla urządzenia sterującego poleceniem zmniejszenia KWZ. Umożliwia to płynne rozpoczęcie jazdy.

12.2.4 Sygnały wyjściowe oraz wskazówki do wykrywania usterek

Po otrzymaniu odpowiednich sygnałów wejściowych (przewidzianych dla danej konstrukcji układu zapłonowego) i po ich przetworzeniu urządzenie sterujące wysyła do zacisku 1 cewki zapłonowej sygnał sterujący, zapewniający wytworzenie dostatecznie silniej iskry zapłonowej, we właściwej chwili. Rozdzielacz zapłonu przejmuje w zasadzie tylko rolę rozdzielania wysokiego napięcia na poszczególne cylindry. Dlatego dość często jest on umieszczany na tylnym końcu wału rozrządu bezpośrednio napędzającego rozdzielacz.

Wychodzący również z urządzenia sterującego sygnał jest informacją o prędkości obrotowej dla różnych innych urządzeń sterujących i instrumentów. Jest to sygnał o prostokątnej charakterystyce, mierzony współczynnikiem trwania impulsu.

Wykrywanie usterek, także w tym przypadku, należy rozpocząć od świecy zapłonowej i sprawdzać kolejno elementy aż do urządzenia sterującego (podobnie jak w zapłonach tranzystorowych TSZ-i oraz TSZ-h). Następnie sprawdzamy sygnał wychodzący do zacisku 1 cewki zapłonowej za pomocą współczynnika trwania impulsu albo kąta zwarcia. W przypadku braku sygnału należy sprawdzić wszystkie sygnały wejściowe. Jeżeli wszystkie sygnały występują i mieszczą się w granicach tolerancji, to jest konieczna wymiana urządzenia sterującego.

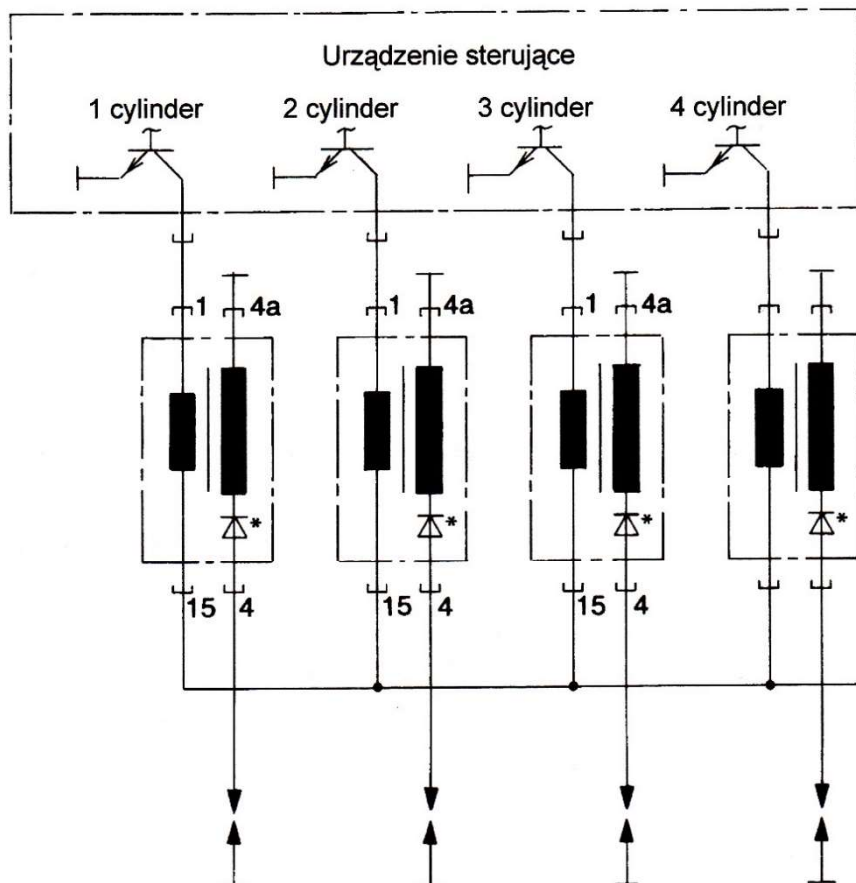
 *Zawsze należy najpierw usuwać usterki na elementach początkowych lub końcowych układu. Zapobiegnie to uszkodzeniu urządzenia sterującego podczas jego „próbnej” wymiany.*

W urządzeniach sterujących, wyposażonych w funkcję samodiagnozy, przed rozpoczęciem wykrywania usterek, należy odczytać zawartość pamięci diagnostycznej.

12.3. Zapłon całkowicie elektroniczny

12.3.1. Budowa i zalety statycznego rozdziału wysokiego napięcia

Całkowicie elektroniczny układ zapłonowy wykorzystuje te same sygnały wejściowe co zapłon elektroniczny z rozdzielaczem. Po stronie wyjściowej wyeliminowano jednak mechaniczny rozdzielacz wysokiego napięcia. Każdy z cylindrów jest obsługiwany przez indywidualną cewkę zapłonową (rys. 12.17).



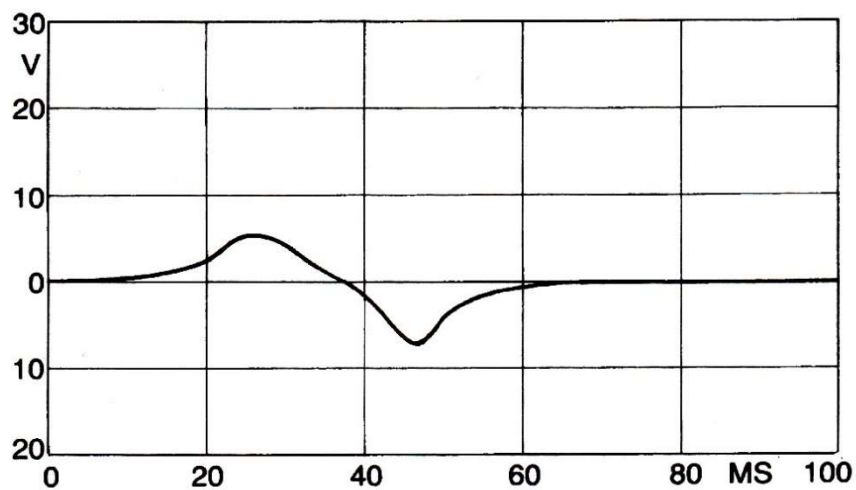
Rys. 12.17
Statyczny rozdział wysokiego napięcia z pojedynczymi cewkami zapłonowymi

Urządzenie sterujące wymaga jednak dodatkowej informacji wejściowej (rys. 12.18) z wału rozrządu. Za pomocą czujnika z płasko zakończonym rdzeniem (niekiedy bywa także używany czujnik Halla) urządzenie sterujące rozpoznaje kolejność pracy cylindrów i odpowiednio steruje każdą cewką osobno.

Statyczny rozdział wysokiego napięcia w całkowicie elektronicznym układzie zapłonowym oznacza wyeliminowanie mechanicznego rozdzielacza zapłonu, a więc układ ten nie ma żadnych części ruchomych (tzw. zapłon statyczny).

Oznacza to:

- ☐ brak ograniczeń wielkości przestawiania KWZ (impuls iskry nie wędruje już wewnątrz rozdzielacza),
- ☐ wyeliminowanie mechanicznego zużycia części,
- ☐ mniej elementów i połączeń w obwodzie wysokiego napięcia,
- ☐ znacznie mniej źródeł zakłóceń elektromagnetycznych,
- ☐ uzyskanie jeszcze większych mocy zapłonu.



Obraz stroboskopowy czujnika wałka rozrządu →

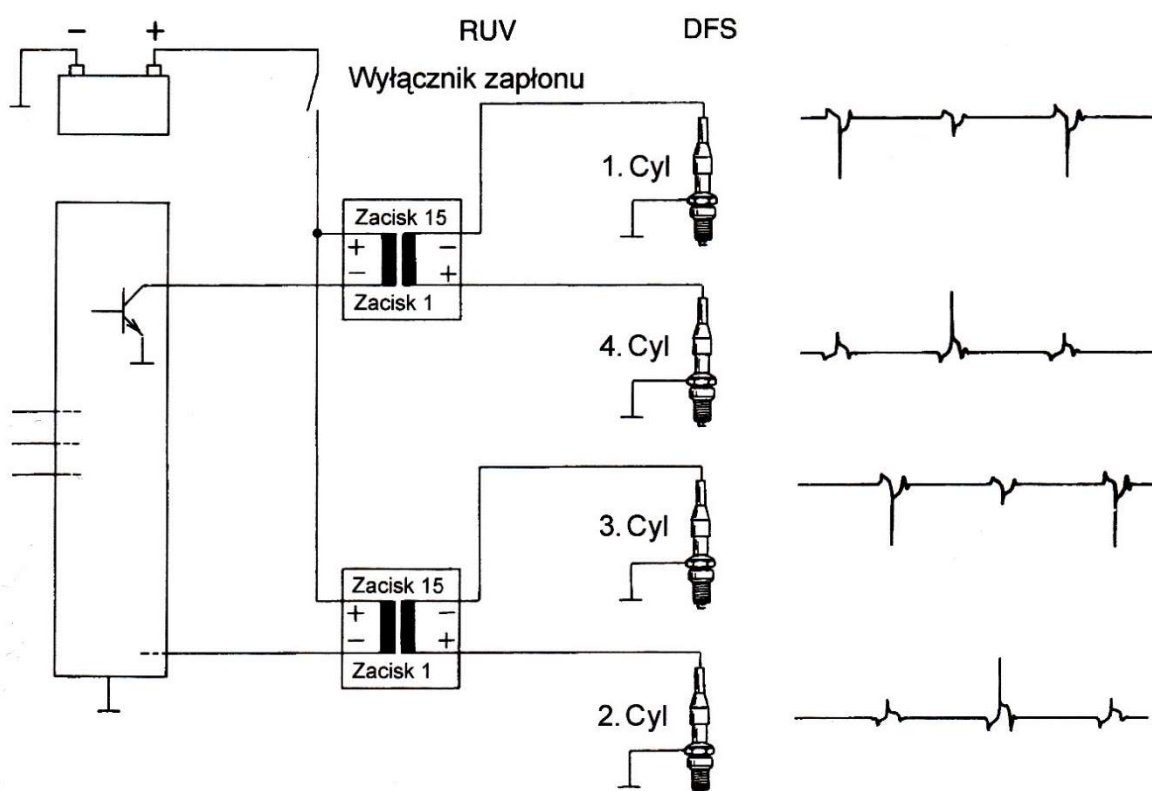
Rys. 12.18

Stroboskopowy obraz sygnału czujnika wałka rozrządu

12.3.2. Statyczny rozdział wysokiego napięcia przez cewki dwubiegunowe

W silnikach z parzystą liczbą cylindrów tańszym rozwiązaniem jest statyczny rozdział zapłonu z cewkami dwubiegunowymi (rys. 12.19), w których są generowane jednocześnie dwie iskry w dwóch różnych cylindrach.

W jednym z cylindrów iskra jest wykorzystywana do zapłonu w suwie sprężania, a w drugim jest tracona (tzw. iskra wspomagająca) w suwie wylotu. Po obrocie wału o 360° następuje odwrotna sytuacja.

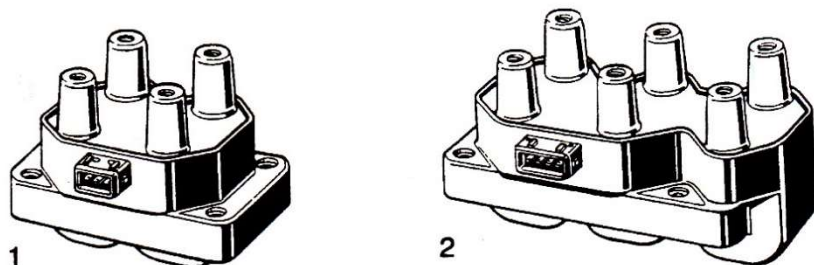


Rys. 12.19

Statyczny rozdział wysokiego napięcia (RUV) z dwubiegunowymi cewkami zapłonowymi (DFS)

W takim układzie zapłonowym nie wymaga się czujnika wału rozrządu, bo nie musi on sterować rozdziałem iskry. Prostsza jest też budowa urządzenia sterującego (brak przyporządkowania cylindrów, mniej członów wyjściowych).

Niektórzy producenci integrują kilka cewek dwubiegunowych w jednej obudowie (rys. 12.20).



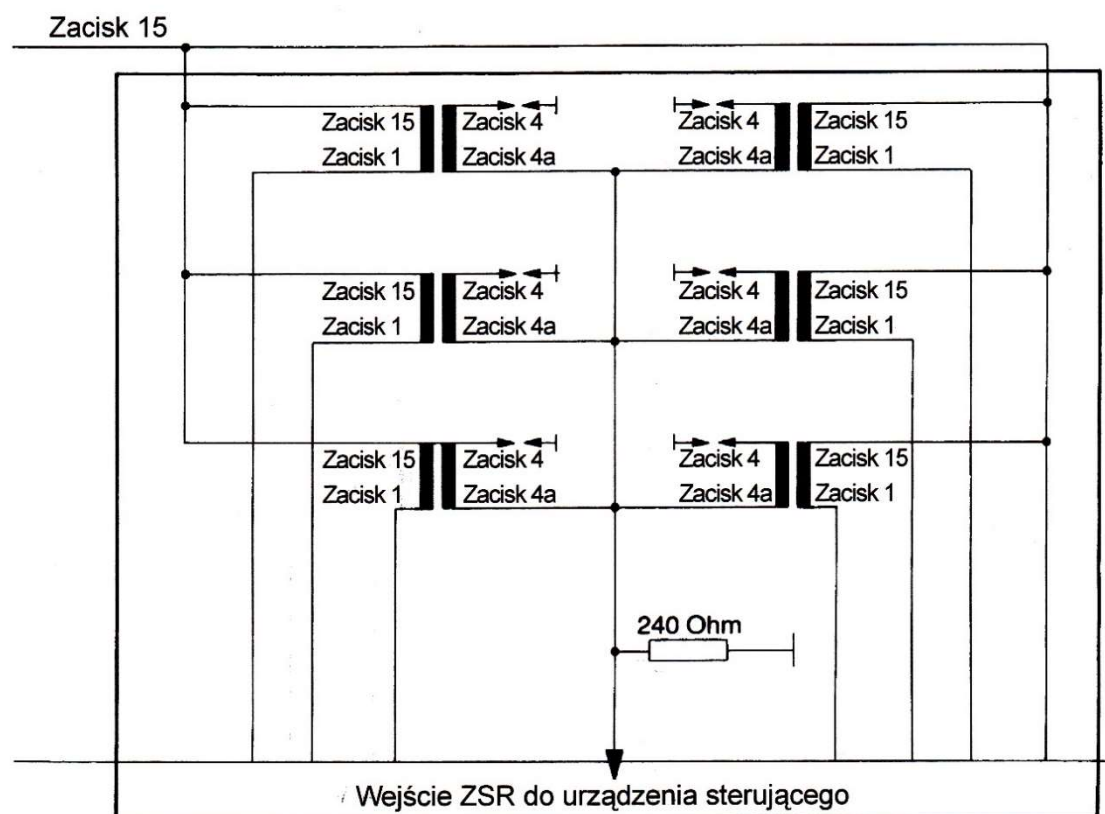
Rys. 12.20

Cewki dwubiegunowe do statycznego rozdziału wysokiego napięcia (RUV)

1 – dwie cewki dwubiegunowe ($2 \times DFS$), 2 – trzy cewki dwubiegunowe ($3 \times DFS$)

12.3.3. Informacja zwrotna o prądzie zapłonu w zapłonie statycznym

Przy cewkach indywidualnych dla każdego cylindra urządzenie sterujące może nadzorować proces wyzwalania zapłonu w każdej z cewek, zarówno w jej uzwojeniu pierwotnym, jak też wtórnym. Służy do tego rezystor bocznikowy, umieszczony na wspólnym przewodzie masy uzwojeń wtórnych wszystkich cewek (rys. 12.21). Na podstawie spadku napięcia można jednoznacznie ustalić, czy na świecy zapłonowej w ogóle pojawiła się iskra.



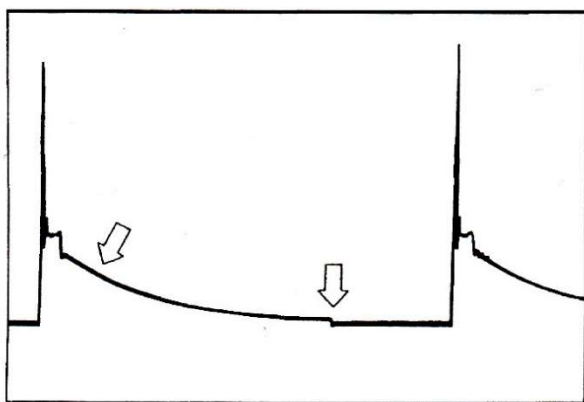
Rys. 12.21

Nadzorowanie obwodu zapłonu przez zwrotne informowanie o prądzie zapłonu (ZSR)

Ewentualne usterki są zapisywane w pamięci diagnostycznej urządzenia sterującego. Powiązanie elektronicznego układu zapłonowego z elektronicznym układem wtryskowym umożliwia odcinanie w urządzeniu sterującym wtrysku do cylindra, w którym urządzenie sterujące wykryło usterkę.

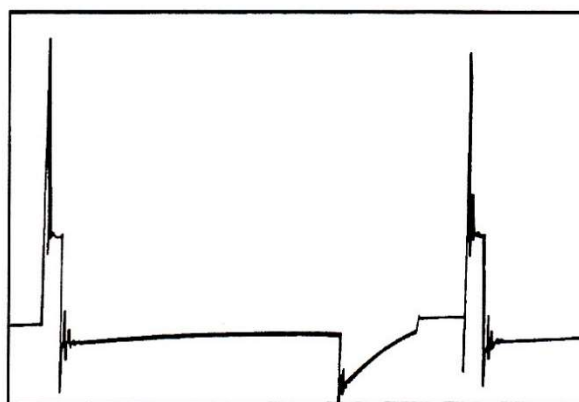
12.3.4. Wskazówki dotyczące wykrywania usterek

Podczas poszukiwania usterek należy sprawdzić obraz uzwojeń pierwotnego i wtórnego każdej z cewek za pomocą oscyloskopu i specjalistycznych przystawek. Pomiar rezystancji uzwojenia pierwotnego cewki na ogół nie jest możliwy, gdyż często jest tam umieszczona dioda zaporowa, mająca za zadanie niedopuszczenie do iskry wtórnej (zobacz oscylogramy na rys. 12.22a i b).



Rys. 12.22a

Oscylogram układu zapłonowego ze statycznym rozdziałem wysokiego napięcia (RUV) z jednobiegunową cewką zapłonową (EFS) i diodą wysokiego napięcia do tłumienia iskry wtórnej



Rys. 12.22b

Prawidłowy oscylogram statycznego układu zapłonowego (RUV) z jednobiegunową cewką zapłonową (EFS)

Podczas sprawdzania cewek indywidualnych i dwubiegunowych z informacją zwrotną o prądzie zapłonu należy pamiętać, że nie ma żadnego połączenia między obwodem pierwotnym i wtórnym. To znaczy że rezystancję obwodu wtórnego należy mierzyć pomiędzy zaciskami 4 i 4a albo 4a i 4b. W układzie wyposażonym w pamięć diagnostyczną i informację zwrotną o prądzie zapłonu urządzenie sterujące podaje za pośrednictwem testera diagnostycznego kody usterek. W przeciwnym razie jest konieczne sprawdzenie poprawności wszystkich sygnałów wejściowych (patrz punkt 12.2) i wyjściowych do każdej cewki.